

Méter alatti pontosság mobiltelefonokba épített GNSS-vevőkkel¹

Takács Bence–Kali Csongor

DOI: <https://doi.org/10.30921/GK.72.2020.1.3>

Absztrakt: A közelmúltban két jelentős hírről értesülhettünk: egyrészt a Google bejelentése alapján az android operációs rendszer alatt elérhetők az okoseszközökbe épített GNSS-vevők nyers mérései; másrészt a Broadcom piacra dobta az alacsony energiafogyasztású, kétfrekvenciás, okoseszközökbe szánt GNSS-chipjét. Megítélésünk szerint ez forradalmi változásokat hozhat az okoseszközökkel végzett műholdas helymeghatározás terén, hiszen a szakirodalomban megjelent számos tanulmány alapján így akár okostelefonokkal is elérhető a méter alatti pontosság. Mindez felkeltette az érdeklődésünket, és kíváncsiak voltunk arra, hogy saját méréseink tapasztalatai alapján tudjuk-e a szakirodalomban megjelent állításokat igazolni. Ennek érdekében több okostelefonnal és alkalmazással végeztünk méréseket, és vizsgáltuk az elérhető pontosságot.

Abstract: Two significant announcements hit the news in GNSS market recently. At first Google reported that its API (Application Programming Interface) had been available to access raw GNSS measurements under android OS. At second Broadcom released its dual frequency, low consumption GNSS chip designed for smart devices. These can yield revolutionary changes in the application of satellite based positioning with low cost smart equipment. According to a wide range of publications even sub meter accuracy is achievable having state-of-the-art smart phones. This paper present our results and experience gained in measuring with a series of smart units as regards the quality of the raw measurements as well as the achievable accuracy.

Kulcsszavak: GNSS, android, pontosság, nyers mérések

Keywords: GNSS, android, accuracy, raw measurements

Bevezetés

A 2000-es évek elején nagy port kavart szakmai körökben, amikor kiderült, hogy egyszerű Garmin navigációs vevőkkel is lehetséges a kód- és fázismérési adatok rögzítése, valamint – akkor még utófeldolgozással – a 20 cm alatti pontosság elérése (Hill et al. 2013). Azóta sok minden megváltozott. Igazán meg sem lepődtünk, amikor a közelmúltban a Google bejelentette, hogy a fejlesztők számára elkészítette azt a felületet (Application Programming Interface-t – API-t), amivel android operációs rendszer alatt, okoseszközeinkbe épített GNSS-vevők nyers mérési adatai elérhetők. A Google nem titkolt szándéka, hogy ezzel még pontosabb helymeghatározást tegyen lehetővé, ami a GNSS-technikán alapuló alkalmazások körét tovább bővítheti. Már az első kísérletek bizonyították, hogy az okostelefonokba épített GNSS-vevőkkel lehetséges a méter alatti pontosság elérése, illetve, hogy elsősorban az olcsó antennák miatt,

a pontosság elmarad a professzionális geodéziai vevőkkel elérhető pontosságtól (Banville–Diggelen 2016). A Google bejelentése óta számos tanulmány készült, amelyekkel az elérhető pontosságot vizsgálták, és a kutatók többször is bizonyították, hogy elérhető a szubméteres pontosság (Chen et al. 2019, Darugna et al. 2019, Dabov–di Pietra 2019, Warnant et al. 2018, Geng et al. 2018). Ugyanakkor nehézségekbe ütköztek a geodéziai vevőkkel megszokott centiméteres pontosság elérése során.

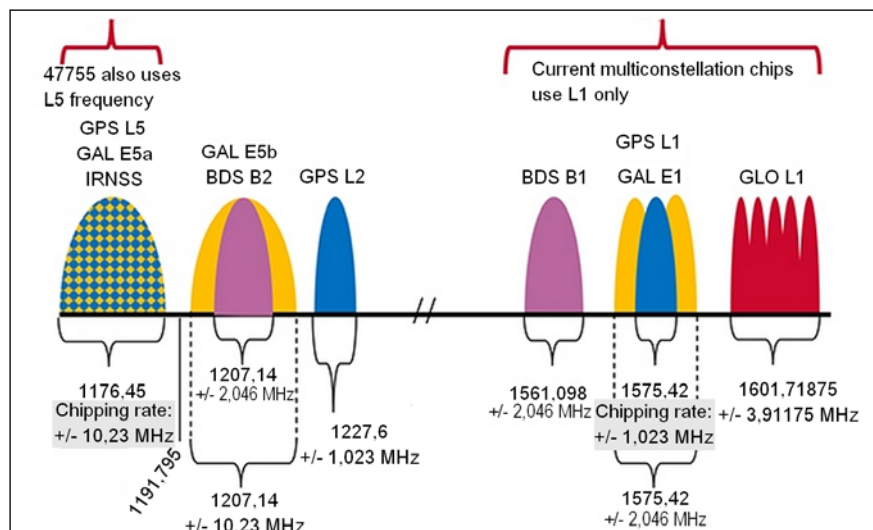
Az Európai Űrügynökség (ESA) nemrég hasonló témában hirdetett versenyt. A verseny szlogenje a Galileo give me5, mely utal a Galileo E1 és E5 frekvenciáira. Olyan Android 8.0 környezetben futó mobilalkalmazások pályázatait várták, amelyek azt elemzik, hogy a Galileo által biztosított L5 frekvencia jeleit használva mennyivel pontosabb helymeghatározást lehet elérni. Az ESA három applikációt is díjazott, az egyik ilyen a GNSS Compare volt (https://www.esa.int/Applications/Navigation/Watch_our_Galileo_smartphone_app_award_and_vote_for_your_winner).

Hardverelemek

A nyers mérések szoftveres elérésén túl szükséges a megfelelő hardver is. A Broadcom 2017 őszén bejelentette a BCM47755 kódjelű, mobiltelefonokhoz fejlesztett kétfrekvenciás GNSS-vevőjét, amely állításuk szerint az előző generációjú chiphez képest fele akkora energiafogyasztással alkalmas már akár 30 cm körüli vízszintes és 2 m alatti magassági pontosság elérésére (Murfin 2017). Ehhez a gyártó szerint a GNSS-vevő a következő frekvenciákat képes fogni: GPS L1, L5; Galileo E1, E5a; Beidou (Compass) B1, Glonass L1 (1. ábra).

Geodéziai eszközeink többsége, különösen az RTK-vevőink régóta kétfrekvenciásak, azaz L1 és L2 vivőfrekvenciákon is mérnek. Az L2 frekvencia helyett az L5 frekvencia használata elsőként talán meglepő, valójában a különböző frekvenciákon észlelhető jelek erőssége miatt részesíti a Broadcom előnyben az L5 frekvencián végzett méréseket (2. ábra). Megfigyelhető, hogy az L2 frekvencián alacsonyabb, az L5 frekvencián pedig valamivel magasabb a mérések jel-zaj aránya mint az L1 frekvencián. Fontos

¹ A 2019. évi Mérnökgeodézia Konferencián elhangzott előadás írásos változata



1. ábra. BCM47755 mikrochip L1 és L5 frekvencián észlelt jelei (Murfin 2017)

kiemelni, hogy az L2 frekvencián végzett mérések a legzajosabbak, míg az L5 frekvencián a legtisztábbak, ezért is részesítik előnyben a modern vevők és feldolgozószoftverek az L5 frekvenciát, szemben az L2 frekvenciával.

Az interneten elérhető azoknak az okostelefonoknak a listája, melyekkel eddig sikerült a nyers mérési adatok rögzítése (<https://developer.android.com/guide/topics/sensors/gnss>). Cikkünk írásakor a táblázat 58 telefon adatait tartalmazta. A honlapon külön megemlíti a fázismérések rögzítésének, illetve az L5 mérésének képességét. Saját tesztjeink során mi is

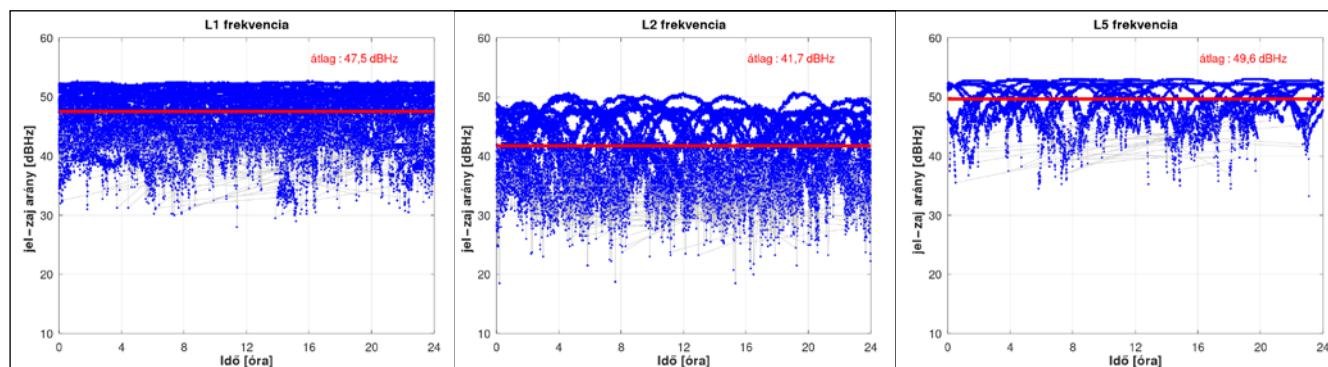
kipróbáltunk több telefont is, az általunk vizsgált eszközök képességeit az 1. táblázatban foglaltuk össze. A GPS- és a Glonass-műholdak jelét az L1 frekvencián az összes telefon képes venni, ugyanakkor az L5 frekvencián csak a legújabb eszköz volt képes mérni. Fázismérési adatokat a vizsgált telefonok közül alig néhány volt képes rögzíteni. Megjegyezzük, hogy a rögzített fázismérési adatok minőségével számos problémánk adódott, szakadoztak a jelek, sok volt a durva hibás adat stb. Egyelőre nem teljesen világos, hogy ezeket a problémákat hardver- vagy szoftverhiányosságok okozzák-e.

Szoftverek

A Google és a Broadcom bejelentését követően számos applikáció jelent meg, amelyek android operációs rendszer alatt a nyers GNSS-méréseket rögzítik. Ezek közül jó párat kipróbáltunk; ebben a cikkben két applikációt mutatunk be. Egyrészt a Google által javasolt GNSS Logger elnevezésű applikációt (3. ábra), amely saját formátumban tárolja a nyers mérési adatokat, másrészt a Geo++ RINEX Logger applikációt (4. ábra), amely viszont RINEX-formátumban tárolja az adatokat. A Geo++ cég neve jól ismert a geodéziában, hiszen a cég által fejlesztett Geo++ szoftver segítségével üzemeltetnek számos GNSS-infrastruktúrát, többek között a hazai GNSS Szolgáltató Központ szerverét is.

A GNSS Logger applikáció segítségével rögzített nyers mérések például a GNSS Analysis szoftverrel dolgozhatók fel. A szoftver abszolút helymeghatározásként határozza meg a pozíciókat, lehetőséget kínál a különböző műholdrendszerek, az egyes műholdak és a vivőfrekvenciák ki-be kapcsolására. A meghatározott pozíciók Kálmán-szűrő segítségével simíthatók.

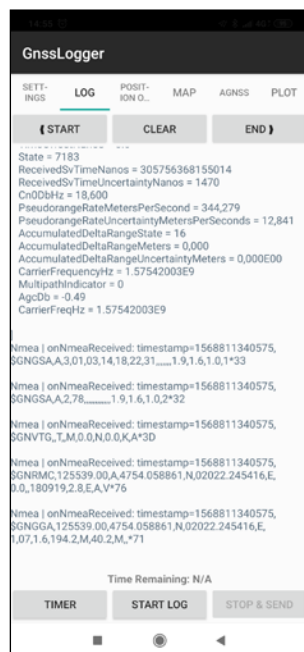
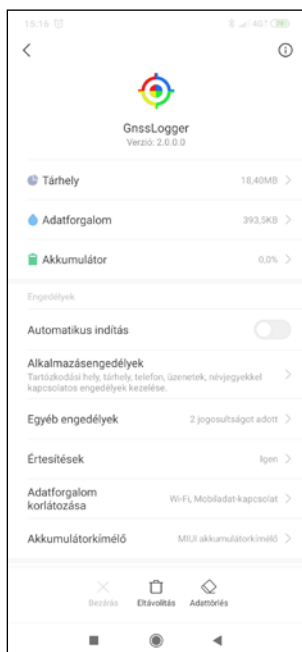
A RINEX-formátumban rögzített nyers mérések elvben bármely,



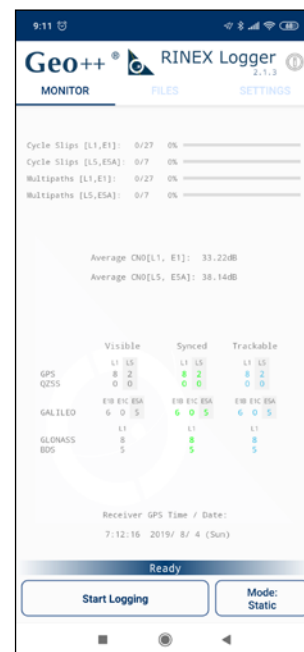
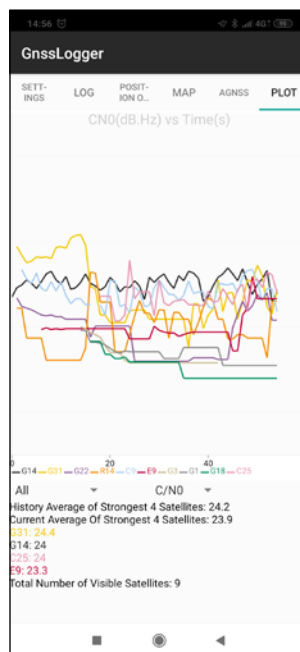
2. ábra. A BME permanens állomásán rögzített jelek erőssége L1, L2 és L5 frekvencián

telefon	pszeudotávolságok rögzíthetők	fázismérések rögzíthetők	L5 frekvencián mérések rögzíthetők	Műhold-rendszerek
Huawei P9	igen	igen	nem	GPS, GLO, BDS
Motorola G6 Plus	igen	nem	nem	GPS, GLO
ONEPLUS A5010	igen	nem	nem	GPS, GLO
Samsung S7	igen	nem	nem	GPS, GLO
Xiaomi M9S	igen	nem	nem	GPS, GLO, GAL, BDS
Xiaomi M9	igen	nem	igen	GPS, GLO, GAL, BDS, QZS

1. táblázat. Az általunk vizsgált androidos eszközökbe épített GNSS-vevők képességei



3. ábra. Google GNSS Logger applikáció



4. ábra. Geo++ RINEX Logger applikáció

a geodéziában bevált utófeldolgozó-szoftverrel feldolgozhatók. Vizsgálatainkhoz a nyílt forráskódú RTKLIB-szoftvert használtuk (Takasu 2009). A szoftver számos feldolgozási módszert támogat, ezeket egyaránt lehet valós időben és utófeldolgozás keretében is alkalmazni. Lehetőséget kínál abszolút helymeghatározásra (SPP – Single Point Positioning), differenciális helymeghatározásra (DGPS, Differential GPS; WADGPS, Wide Area Differential GPS), szabatos abszolút helymeghatározásra (PPP – Precise Point Positioning) és természetesen a fázismérések (RTK – Real-Time Kinematic) feldolgozására is.

Pontosságvizsgálat

Az előzőekben bemutatott eredményeket szeretnénk volna mi magunk is reprodukálni. Ennek érdekében statikus

méréseket végeztünk ideális körülmények között. Egy geodéziai vevővel, RTK-módszerrel néhány centiméteres pontossággal meghatározott ismert pont fölött, műszerlábban rögzített műszertalpon elhelyezett mobiltelefonnal végeztünk méréseket (5. ábra). 2-8 perc hosszúságú adatsomagokat rögzítettünk, számos telefonnal és az előzőekben említett mindkét applikációval.

Elsőként azt vizsgáltuk, hogy az okostelefonokba épített vevőkkel (egy frekvencián, GPS- és Glonass-műholdakra végzett mérésekből) levezetett abszolút koordináták pontossága hogyan javul, ha bevonjuk a helymeghatározásba az L5 frekvenciát, valamint a Galileo- és BeiDou-műholdakra végzett méréseket is. Az általunk végzett mérések feldolgozása során azt tapasztaltuk, hogy a vízszintes pozíciók valódi hibái jelentősen csökkennek (6. ábra).

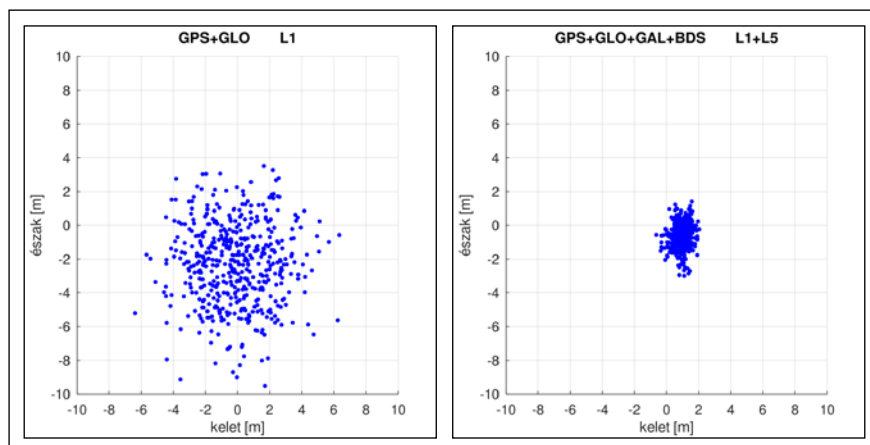
Egy másik feldolgozás során azt vizsgáltuk, hogy néhány perces relatív mérések során elérhető-e a méter alatti pontosság. Referenciaállomásnak a GNSS Szolgáltató Központ füzesabonyi állomását vettük, a bázis-rover távolság mintegy 13 km. Ezt a mérést egyfrekvencián, Huawei EVA-L19 okostelefonnal végeztük, a vevő (és a bázisállomás is) GPS- és Glonass-műholdak jeleit tudja venni. Az alig kétperces mérés eredményeként a valódi koordináta hibák értéke 1 méter alá csökkent (7. ábra). A ciklus-többértelműségek feloldása floatértékekkel sikerült, eddigi vizsgálataink során fix megoldást még nem sikerült elérnünk.

Összefoglalás

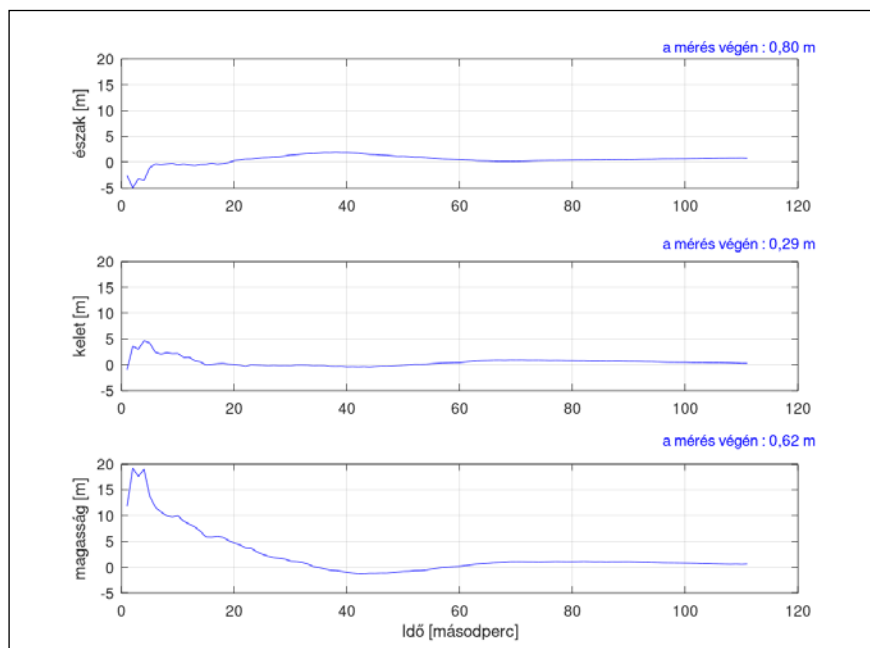
Tanulmányunkban azt vizsgáltuk, hogy okoseszközökbe épített GNSS-vevőkkel



5. ábra. Mérések ismert ponton okostelefonnal



6. ábra. Az abszolút helymeghatározás valódi vízszintes hibái okostelefonba épített GNSS-vevővel



7. ábra. Az utólagos relatív helymeghatározás valódi hibái okostelefonba épített egyfrekvenciás GPS-vevővel

milyen pontosság érhető el. Vizsgálataink során a nyers kódéréseket és – amennyiben lehetséges volt – a fázisméréseket is rögzítettük, majd a nyers adatokból utófeldolgozással határoztuk meg a pozíciókat. Tapasztalataink alapján a kódéréseken alapuló abszolút helymeghatározás pontossága jelentősen javítható, amennyiben a GPS- és Glonass-műholdak mellett a Galileo- és a BeiDou-műholdakra is, valamint az L1 frekvencia mellett az L5 frekvencián is végzünk méréseket. Tapasztalataink alapján, ideális körülmények mellett, néhány perces mérés kód- és fázismérési adatok utófeldolgozása során floatmegoldás érhető el, a pontosság egyfrekvenciás, illetve csak GPS- és Glonass-műholdak jeleit észlelő chip

esetén is már egy méter alatti. Eddig nem találtunk olyan eszközt, amellyel két (L1 és L5) frekvencián lehet minden működő navigációs rendszer (GPS, Glonass, Galileo, BeiDou stb.) műholdjaira kód- és fázismérési adatokat rögzíteni, de várhatóan a közeljövőben számos új telefonon lesz mindez lehetséges. És várható, hogy hamarosan meg fognak jelenni az okoseszközökön futtatható, valós idejű helymeghatározást lehetővé tevő applikációk is. A centiméteres pontosság érdekében célszerű lesz külső antennt csatlakoztatni.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők hálásan köszönik Szőke László, Aradi Szilárd és Barsi Árpád ötleteit, támogatását.

Irodalom

- Banville, S. – Van Diggelen F. 2016. Precise positioning using raw GPS measurements from Android smartphones. *GPS World*, 27 (11), pp. 43–48.
- Chen, B. – Gao, C. – Liu, Y. – Sun, P. 2019. Real-Time Precise Point Positioning with a Xiaomi MI 8 Android Smartphone. *Sensors*, 19 (12), p. 2835, DOI: <https://doi.org/10.3390/s19122835>
- Dabov, P. – Di Pietra, V. 2019. Towards high accuracy GNSS real-time positioning with smartphones. *Advances in Space Research*, 63 (1), pp. 94–102, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.08.025>
- Darugna, F. – Wübbena, J. – Akira, I. – Wübbena, T. – Wübbena, G. – Schmitz, M. 2019. RTK and PPP-RTK Using Smartphones: From Short-Baseline to Long-Baseline Applications, Proceedings of the 32nd International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2019), Miami, Florida, September 2019, pp. 3932–3945. DOI: <https://doi.org/10.33012/2019.17078>
- Geng, J. – Guangcai, J. – Zeng, R. – Wen, Q. – Jiang, E. 2018. A Comprehensive Assessment of Raw Multi-GNSS Measurements from Mainstream Portable Smart Devices, Proceedings of the 31st International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2018), Miami, Florida, September 2018, pp. 392–412. DOI: <https://doi.org/10.33012/2018.15965>
- Hill, C. J. – Moore, T. – Dumville, M. 2001. Carrier phase surveying with Garmin handheld GPS receivers, *Survey Review*, 36 (280), pp. 135–141., DOI: <https://doi.org/10.1179/sre.2001.36.280.135>
- Murfin T. 2017. Big news from Broadcom: 30-cm positioning for consumers. *GPS World*, 28 (9)
- Takasu T. 2009. RTKLIB: Open Source Program Package for RTK-GPS, FOSS4G 2009 Tokyo, Japan
- Warnant, R. – De Vyvere, L. V. – Warnant, Q. 2019. Positioning with Single and Dual Frequency Smartphones Running Android 7 or Later, Proceedings of the 31st International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2018), Miami, Florida, September 2018, pp. 284–303. DOI: <https://doi.org/10.33012/2018.15880>



Dr. Takács Bence
egyetemi docens

BME Általános és Felsőgeodézia Tanszék
takacs.bence@epito.bme.hu



Kali Csongor
földmérő

Heves Megyei Kormányhivatal Egri
Járási Hivatala
kali.csongor@gmail.com